

**Desain dan Simulasi Kontrol PID Berbasis GA Pada 9-Level
Cascaded H-Bridge Sebagai Sumber Motor Induksi 3 Fasa**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Guna Meraih Gelar Sarjana Strata I Teknik
Elektro Universitas Muhammadiyah Malang



Disusun Oleh :

Ach Nuril Abrari
201310130311026

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG
2018

LEMBAR PENGESAHAN

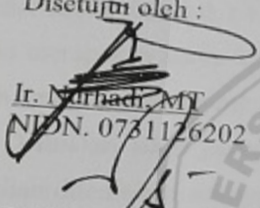
**Desain dan Simulasi Kontrol PID Berbasis GA Pada 9-Level Cascaded H-Bridge
Sebagai Sumber Motor Induksi 3 Fasa**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana (S1)
Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Malang

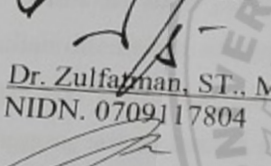
Disusun Oleh :
Ach. Nuril Abrari
NIM. 201310130311026

Tanggal Ujian : 13 Oktober 2018
Tanggal Wisuda : 24 November 2018

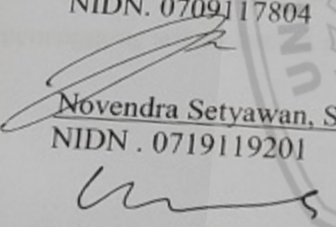
Disetujui oleh :


Ir. Nurhadi, MT
NIDN. 0731126202

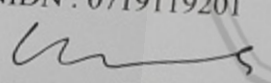
Pembimbing I


Dr. Zulfatman, ST., M.Eng
NIDN. 0709117804

Pembimbing II


Novendra Setyawan, ST., MT
NIDN. 0719119201


Penguji I


Inda Rusdia Sofiani, ST., M.Sc
NIDN. 0513057501

Penguji II

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro




Nur Alif Mardiyah, Ir.MT.
NIDN. 0718036502

LEMBAR PENGESAHAN

Desain dan Simulasi Kontrol PID Berbasis GA Pada 9-Level Cascaded H-Bridge Sebagai Sumber Motor Induksi 3 Fasa

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana (S1)
Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Malang

Disusun Oleh :
Ach. Nuril Abrari
NIM. 201310130311026

Tanggal Ujian : 13 Oktober 2018
Tanggal Wisuda : 24 November 2018

Disetujui oleh :

Ir. Nurhadi, MT
NIDN. 0731126202

Pembimbing I

Dr. Zulfatman, ST., M.Eng
NIDN. 0709117804

Pembimbing II

Novendra Setyawan, ST., MT
NIDN . 0719119201

Penguji I

Inda Rusdia Sofiani, ST., M.Sc
NIDN. 0513057501

Penguji II

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Nur Alif Mardiyah, Ir.MT.
NIDN. 0718036502

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA : Ach. Nuril Abrari
Tempat/Tgl Lahir : Sumenep, 14 Maret 1995
NIM : 201310130311026
FAK./JUR. : TEKNIK/ELEKTRO

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir saya dengan judul ” Desain dan Simulasi Kontrol PID Berbasis GA Pada 9-Level Cascaded H-Bridge Sebagai Sumber Motor Induksi 3 Fasa” beserta seluruh isinya adalah karya saya sendiri dan bukan merupakan karya tulis orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya, kecuali dalam bentuk kutipan yang telah disebutkan sumbernya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Apabila kemudian ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya ini, atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini maka saya siap menanggung segala bentuk resiko/sanksi yang berlaku.

Malang, 25 Oktober 2018
Yang Membuat Pernyataan

Ach. Nuril Abrari

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Nurhadi, MT
NIDN. 0731126202

Dr. Zulfatman, ST., M.Eng
NIDN. 0709117804

ABSTRAK

Motor induksi merupakan motor yang paling banyak digunakan dalam dunia industri maupun dalam rumah tangga. Sulitnya pengontrolan kecepatan motor induksi merupakan salah satu masalah yang muncul dalam pengontrolan kecepatan. Dalam mengatur kecepatan motor induksi diperlukan nilai fluks dan torsi maksimum agar selalu konstan, dengan menjaga nilai tegangan stator terhadap frekuensi. Proportional Integral Derivative (PID) merupakan salah satu pengontrolan motor yang digunakan untuk mengatur kecepatan motor induksi. Genetika Algoritma (GA) adalah suatu metode yang digunakan dalam kontrol PID untuk pencarian dan penentuan parameter dalam sistem kontrol. Pada penelitian ini digunakan sumber cascaded h-bridge multilevel inverter dengan teknik pemecuan Alternate Phase Opposition Disposition (APOD) pada kontrol PID dengan metode GA. Nilai parameter-parameter yang dihasilkan dari metode GA adalah 3.9241, 1.8339, dan 0 untuk nilai parameter K_p , K_i , dan K_d . Hasil repon kecepatan motor yang dihasilkan adalah 0.32% untuk overshoot dan settling timenya adalah 0.32s. Oleh karena itu pengontrolan kecepatan motor dengan PID-GA sudah berjalan dengan optimal dengan peredaman overshoot yang kecil, dan kecepatan motor tetap pada referensi yang diberikan meskipun ada perubahan beban yang diberikan.

Kata kunci: motor induksi, multilevel inverter, GA, APOD, PID

ABSTRACT

Induction motors are the most widely used motors in industry and in households. The difficulty of controlling the speed of an induction motor is one of the problems that arise in controlling the speed. In regulating the induction motor speed required flux and maximum torque value that is always constant, by keeping the value of the stator voltage to frequency. Proportional Integral Derivative (PID) is one of the controlling motors are used to regulate the speed of an induction motor. Genetic Algorithm (GA) is a method used in PID control to search and determination of the parameters in the control system. In this study used source h-bridge cascaded multilevel inverter with Alternate triggering technique Phase Opposition Disposition (APOD) on GA PID control method. Value parameters resulting from the method of GA was 3.9241, 1.8339, and 0 for the value parameter K_p , K_i , and K_d .. Results repon the resulting motor speed is 12:32% to overshoot and settling timenya is 0.32s. Therefore, the motor speed control with PID-GA is already running optimally with a small overshoot reduction, and the motor speed remains at the reference given even though no change in the applied load.

Keywords: *induction motor, multilevel inverters, GA, APOD, PID*

LEMBAR PERSEMBAHAN

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT. Atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Shalawat serta salam selalu kita panjatkan kepada Nabi besar Muhammad SAW yang telah memberikan pencerahan kepada kita sekalian. Penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu dan bapak saya yang selalu ada buat saya, selalu menghidupi, mencukupi, mendukung, mendorong dan selalu mendoakan saya selama proses kuliah sampai menyelesaikan penelitian ini.
2. Bapak Ir.Nurhadi,MT dan Bapak Zulfatman, M.Eng., Ph.D selaku Guru dan pembimbing dalam menyelesaikan penelitian ini. Terima kasih atas ilmu dan kesabaran bapak selama saya kuliah dan bimbingan-nya selama ini.
3. Seluruh dosen Teknik Elektro serta TU Jurusan yang telah memberi saya banyak ilmu dan pengalaman selama saya kuliah.
4. Kerabat SOBAT dari Sapudi terimakasih banyak atas masukan dan semangat selama saya ada dalam masalah.
5. Terima kasih banyak saya persembahkan kepada Hafandi yang telah banyak memberi masukan dan saran kepada saya, yang selalu mendorong dan selalu ada buat saya selama proses perkuliahan.
6. Khairul Huda dan Syamsul yang telah menemani saya dalam menyelesaikan
7. Teman-teman elektro A 2013 yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu teman seperjuangan selama ini dan untuk kenangan yang tak bisa dilupakan.

Dan teman-teman lainnya yang namanya tidak bisa saya sebutkan, saya ucapkan terima kasih atas bantuan, dukungan, perhatiannya selama ini.

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT. Atas limpahan rahmat serta hidayah-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul :

“Desain dan Simulasi Kontrol PID Berbasis GA Pada 9-Level Cascaded H-Bridge Sebagai Sumber Motor Induksi 3 Fasa”

Di dalam tulisan ini disajikan pokok-pokok bahasan yang meliputi dasar teori PID, Metode Genetika Algoritma (GA), *Alternate Phase Opposition Disposition* PWM (APOD PWM), *Cascaded H-Bridge multilevel inverter*.

Penulis meyakini sepenuhnya bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran yang membangun agar tulisan ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan kedepannya.

Malang, 25 Oktober 2018

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
LEMBAR PENGESAHAN	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Motor Induksi 3 Phase.....	4
2.1.1 Prinsip Kerja Motor Induksi.....	4
2.1.2 Persamaan Motor Induksi.....	5
2.2 Inverter	7
2.2.1 <i>H-Bridge Cascaded Multilevel Inverter</i>	8
2.2.2 <i>Multilevel Inverter Diode Clamped</i>	8
2.2.3 <i>Multilevel Inverter Flying Capacitor</i>	9
2.3 PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>).....	9
2.4 <i>Alternate Phase Opposition Disposition</i>	10

2.5 <i>Proportional-Integral-Derivative Controller</i> (PID).....	11
2.6 Algoritma Genetika (<i>Genetic Algoritm</i>).....	12
2.6.1 Komponen Utama dalam Algoritma Genetika.....	13
2.6.2 Siklus Algoritma Genetika.....	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Prinsip Kerja Blok Diagram.....	15
3.2 Perancangan Pemodelan Simulasi.....	16
3.2.1 Pemodelan Motor Induksi Tiga Fasa	16
3.2.2 Pemodelan <i>9 Level Cascaded H-Bridge Multilevel Inverter</i>	18
3.2.3 Pemodelan <i>Vector Control</i>	20
3.2.3.1 <i>Current Calculation Diagram</i>	20
3.2.3.2 <i>Teta Calculation</i>	22
3.2.3.3 <i>Flux Calculation</i>	22
3.2.3.4 <i>Blok Transformasi</i>	23
3.2.3.5 Kontrol PID	24
3.2.3.6 Penentuan Parameter Kontroler PID Menggunakan GA.....	25
3.2.4 Pemodelan <i>Alternate Phase Opposition Disposition</i> (APOD).....	29
3.2.5 Perhitungan Tegangan pada Inverter.....	36
BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA.....	37
4.1 Hasil Pengujian Pencarian Parameter dengan Metode GA	38
4.2 Pembahasan	45
BAB V KESIMPULAN.....	56
5.1 Kesimpulan.....	56
5.2 Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 q-axis	5
Gambar 2.2 d-axis	6
Gambar 2.3 Topologi <i>Multilevel cascaded h-bridge inverter</i>	8
Gambar 2.4 Topologi <i>Multilevel Inverter Diode-Clamped</i>	8
Gambar 2.5 Topologi <i>Multilevel Inverter Flying-Capacitor</i>	9
Gambar 2.6 APOD 5 level untuk Bipolar Mode	10
Gambar 2.7 Blok diagram dari kontroller PID.....	11
Gambar 2.8 Siklus Genetika Algoritma	14
Gambar 3.1 Diagram Blok sistem	15
Gambar 3.2 Model Motor Induksi Tiga Fasa.....	17
Gambar 3.3 <i>Configuration</i> Motor Induksi	17
Gambar 3.4 Parameter Motor Induksi Tiga Fasa	18
Gambar 3.5 Rangkaian <i>9 Level Cascaded H-bridge Multilevel Inverter</i>	19
Gambar 3.6 Parameter Blok Sumber	19
Gambar 3.7 <i>DC Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT)</i>	20
Gambar 3.8 Blok Parameter IGBT <i>Default MATLAB</i>	20
Gambar 3.9 <i>Iq* Calculation Diagram</i>	21
Gambar 3.10 <i>Id* Calculation Diagram</i>	21
Gambar 3.11 Rangkaian <i>Teta Calculation</i>	22
Gambar 3.12 Rangkaian <i>Flux Calculation</i>	23
Gambar 3.13 <i>ABC to dq conversion</i>	23
Gambar 3.14 <i>dq to ABC Conversion</i>	24
Gambar 3.15 Pemodelan Kontroler PID	24
Gambar 3.16 Blok Parameter Kontroler PID <i>MATLAB</i>	25
Gambar 3.17 <i>Flowchart Genetic Algorithm</i>	26
Gambar 3.18 Pemodelan APOD PWM <i>9 Level Cascaded H-bridge Multilevel Inverter</i>	30

Gambar 3.19 Blok APOD PWM.....	31
Gambar 3.20 Blok Parameter APOD PWM	31
Gambar 3.21 Parameter Sinyal Segitiga A_{m1}	32
Gambar 3.22 Parameter Sinyal Segitiga A_{m2}	32
Gambar 3.23 Parameter Sinyal Segitiga A_{m3}	33
Gambar 3.24 Parameter Sinyal Segitiga A_{m4}	33
Gambar 3.25 Parameter Sinyal Segitiga A_{m5}	34
Gambar 3.26 Parameter Sinyal Segitiga A_{m6}	34
Gambar 3.27 Parameter Sinyal Segitiga A_{m7}	35
Gambar 3.28 Parameter Sinyal Segitiga A_{m8}	35
Gambar 4.1 Rangkaian Simulasi Blok Sistem	37
Gambar 4.2 Nilai Parameter K_p , K_i , dan K_d hasil pencarian dengan GA	38
Gambar 4.3 Nilai Fitness Terbaik	39
Gambar 4.4 Respon Kecepatan Motor	40
Gambar 4.5 Hasil Nilai Parameter pada batas 0-5	41
Gambar 4.6 Hasil Nilai Fitness pada batas 0-5	41
Gambar 4.7 Hasil Respon Kecepatan Motor pada range 0-5	42
Gambar 4.8 Hasil Nilai Parameter pada batas 0-10	43
Gambar 4.9 Hasil Nilai fitness pada batas 0-10	43
Gambar 4.10 Hasil Respon Kecepatan dengan batasan 0-10	44
Gambar 4.11 Hasil PID biasa dengan PID-GA	46

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Keterangan dari Parameter q-axis dan d-axis	6
Tabel 3.1 Parameter Motor Induksi Tiga Fasa	16
Tabel 4.1 Data Hasil Percobaan Pencarian Parameter dengan Metode GA	45
Tabel 4.2 Hasil PID dan PID-GA	46



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Samuel Sudibyo, M. Khairul Amri.Rosa, Afriyastuti Herrawati. Analisis Efisiensi Motor Induksi pada Kondisi Tegangan Non Rating dengan Metode *Segregated Loss*. Teknosia .Vol.II, No.17. UNIB.2016.
- [2] Nizar Muhammad.A, Alif Nur.M, dan ilham Pakaya. Analisis dan Simulasi Cascaded Multilevel Inverter Sebagai Motor Induksi. Jurnal Elektro UMM. Malang. 2016.
- [3] Fatih Muttawinul.W, Ermanu Azizul.H, dan Diding Suhardi. Sistem Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Kontroller PID Berbasis *Genetic Algoritim*. Jurnal Elektro UMM. Malang. 2016.
- [4] Hafandi, Ermanu Azizul.H, dan Nurhadi. Desain dan Simulasi Cascaded H-Bridge Multilevel Inverter Sebagai Kontrol Motor Induksi Tiga Fasa Berbasis Variabel Speed Drive. Jurnal Elektro UMM. Malang. 2017
- [5] Mohit jain, Anuranda Singh, Suman Singh. “Comparativ Analysis and Simulation H-Bridge Multilevel Inverter using SPWM Tecnique”. ijera.com. ISSN:224-9622, Vol.5, Issue 1(Part 5), January 2015, pp.95-102.
- [6] Zulfatman. Desain Pengendalian Kecepatan Motor Induksi 3 Phase dengan PID Kontroller. Gamma vol.1. 2006.
- [7] Krause, Paul C. ANALYSIS OF ELECTRIC MACHINERY : INTERNATIONAL EDITIONS. Printed and bound by B & jo Enterprise Pte Ltd. Singapore. 1987.
- [8] Hendi Matalata dan Muh. Imran Hamid. Pengembangan Topologi Inverter Multilevel Tiga Tingkat Satu Fasa Tipe Diode Clamped dengan Mereduksi Komponen Saklar Daya. ISSN:20302-2949. Vol:5, No.3. Universitas Andalas. 2016.
- [9] A.Warsito, M.Facta, E.Aptono.T.Y. Inverter Multilevel Tipe Jembatan Satu Fasa Tiga Tingkat dengan Mikrokontroler AT89S51. ISSN:0852-1697. Vol 20.No.2. 2007.
- [10] K.Vijay Dan I.Thulasiram. Comparison Of APOD And POD Control Techniques For A Cascded H-Bridge Multi Level Inverter.IJERT. Vol.2 issue 3. 2013.
- [11] Suresh S.R.K. Analysis of PD, POD, APOD, CO and VF PWM Tecniques for Cascadeed Inverter. Departmenr of electrical and electronics enginering maharaja engenering collage, Avinashi. SAJET. 2016.
- [12] Manjusa Ms. Modelling and Simulation of dc drive using PI and PID controller. IJIREEICE. Pune : india. 2014.
- [13] Muliadi. Pemodelan Algoritma Genetika Pada Sistem Penjadwalan Perkuliahan Prodi Ilmu Komputer Universitas Lambung mangkurat. Universitas Lambung Mangkurat Banjarmasin. 2014.